

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002874

International filing date: 23 February 2005 (23.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-053842
Filing date: 27 February 2004 (27.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 24 March 2005 (24.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

03.03.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 2 7 日
Date of Application:

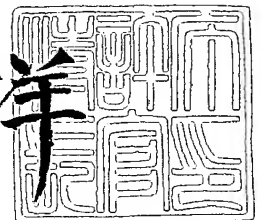
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 5 3 8 4 2
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 5 3 8 4 2]

出 願 人 住 友 電 気 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 103Y0532
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 C03B 37/012
C03B 8/04
G02B 6/00

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
【氏名】 平野 正晃

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
【氏名】 佐々木 隆

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
【氏名】 中西 哲也

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内
【氏名】 山下 泰一郎

【特許出願人】
【識別番号】 000002130
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100099195
【弁理士】
【氏名又は名称】 宮越 典明

【選任した代理人】
【識別番号】 100116182
【弁理士】
【氏名又は名称】 内藤 照雄

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 030889
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0203456

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

石英パイプの内部に少なくともガラス原料を含むガスを投入しつつ前記石英パイプの長手方向に相対的に移動する熱源により外部から加熱して前記石英パイプ内にガラス体を堆積させるガラス母材製造方法であって、

前記石英パイプには排気部又はバッファガス導入部を合計で 2 以上接続し、

前記熱源による石英パイプ上の加熱位置に応じて予め設定したパターンに従って前記排気部からの排気ガス量又はバッファガス導入部への導入ガス量のうちの少なくとも 1 つを制御する第 1 制御工程と、

前記石英パイプを前記熱源による加熱位置に応じた所定形状に調整するために前記排気部からの排気ガス量又はバッファガス導入部への導入ガス量の他の少なくとも 1 つをフィードバック制御する第 2 制御工程とを実行する

ことを特徴とするガラス母材製造方法。

【請求項 2】

前記第 2 制御工程におけるフィードバック制御は、石英パイプ内の圧力の実測値が前記熱源の加熱位置に応じて設定される目標値に一致するように前記石英パイプ内の圧力を制御することを特徴とする請求項 1 に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 3】

前記第 2 制御工程におけるフィードバック制御は、前記熱源の加熱位置近傍で前記石英パイプの形状を測定し、その形状の実測値を予め設定された目標値に一致させるように行うことを特徴とする請求項 1 に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 4】

前記石英パイプの形状の実測値を予め設定された形状の目標値に一致させるために必要な前記石英パイプ内の圧力の最適値を決定し、前記石英パイプ内の圧力を前記最適値に一致させるように制御することを特徴とする請求項 3 に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 5】

前記石英パイプの形状は、前記石英パイプの外径、内径、肉厚のいずれかを含むことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 6】

前記ガラス体の堆積速度は、 0.5 g/min 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 7】

前記石英パイプ内の圧力の調整範囲の最大値と最小値との比を 2 倍以上とすることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 8】

前記石英パイプは、前記ガラス体を堆積した後の長手方向における外径の変動量が $\pm 1 \text{ mm}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のガラス母材製造方法。

【請求項 9】

石英パイプの一端からその内部に少なくともガラス原料を含むガスを導入するガス供給手段と、

前記石英パイプ内の圧力を測定する圧力測定手段と、

前記石英パイプの他端に接続可能な合計 2 以上の排気部又はバッファガス導入部と、

前記石英パイプの長手方向に相対的に移動する熱源と、

前記熱源による前記石英パイプ上の加熱位置を検出する位置検出手段と、

前記熱源による石英パイプ上の加熱位置に応じて予め設定されたパターンに従って前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量のうち少なくとも 1 つを制御する第 1 の制御手段と、

前記石英パイプ内の圧力が前記熱源の加熱位置に応じて設定される目標値に一致するように、前記圧力測定手段の検出する実測値に基づいて、前記排気部からの排気ガス量又は

前記バッファガス導入部への導入ガス量の他の少なくとも 1 つをフィードバック制御する第 2 の制御手段とを備えることを特徴とするガラス母材製造装置。

【請求項 1 0】

石英パイプの一端からその内部に少なくともガラス原料を含むガスを導入するガス供給手段と、

前記石英パイプの他端に接続可能な合計 2 以上の排気部又はバッファガス導入部と、

前記石英パイプの長手方向に相対的に移動する熱源と、

前記熱源による石英パイプ上の加熱位置を検出する位置検出手段と、

前記熱源による石英パイプ上の加熱位置に応じて予め設定されたパターンに従って前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量のうち少なくとも 1 つを制御する第 1 の制御手段と、

前記熱源の加熱位置近傍で前記石英パイプの形状を測定する形状測定手段と、

前記形状測定手段により測定された前記パイプ形状を予め設定された目標パイプ形状に一致するように、前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量の他の少なくとも 1 つをフィードバック制御する第 2 の制御手段とを備えることを特徴とするガラス母材製造装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ガラス母材製造方法及び製造装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、MCVD法 (Modified Chemical Vapor Deposition) によるガラス母材製造方法及び製造装置の改良に関する。

【背景技術】

【0002】

MCVD法 (Modified Chemical Vapor Deposition) は、石英パイプの一端からその内部に少なくとも気相のガラス原料を含むガスを供給しつつ、石英パイプをその長手方向沿いに熱源を往復運動させて加熱することにより、石英パイプの内面にガラス体を堆積させるもので、こうして得られた石英パイプを中実化することによって、ガラス母材の一形態である光ファイバプリフォーム (以下、本明細書においてガラス母材は光ファイバプリフォームであるとする) が得られる。この場合の光ファイバプリフォームとは、そのまま線引して光ファイバとなるものでも、外部にガラス体を更に合成したり、外周研削を実施したり、といった加工を実施した後に線引して光ファイバとなるものでも良い。

【0003】

このようなMCVD法でのプリフォームの製造工程において、石英パイプに供給された原料ガスは、原料供給側では比較的到低い温度であるが、熱源による加熱位置で反応してガラスススとなり、加熱位置の下流側で石英パイプの内面へスス体が付着し、パイプ内面に付着したスス体が熱源による加熱によって焼結することでガラス体が堆積した形態を造る。

【0004】

このような石英パイプ内に堆積したスス体が焼結する際の収縮力は、堆積したガラススス体の堆積量が多い程大きく、熱源による加熱位置の移動に伴って変動する。そして、ガラススス体の堆積量が少ない石英パイプの原料供給側端と、ガラススス体の堆積量が比較的に多い石英パイプの排気側端とで、堆積スス体が焼結する際の収縮力に大きな差を招く結果となる。

【0005】

このような熱源による加熱位置の移動に伴う堆積スス体の収縮力の差は、加熱による石英パイプの収縮挙動を歪めて、製造するプリフォームの外径等に対する形状不良という不都合を招く。

【0006】

そこで、MCVD法でのプリフォームの製造工程において、石英パイプの排気側にバッファ室を装備し、このバッファ室に供給するバッファガスの導入ガス量を調整することによって、ガラスパイプが収縮しないように収縮力とつり合うように、石英パイプ内に圧力を印加し、制御する技術 (例えば、特許文献1参照) や、石英パイプの他端側からの排気ガス量を制御することで、石英パイプ内の圧力を調整する技術 (例えば、特許文献2参照)、或いは、石英パイプの原料供給側から、原料ガスと一緒に不活性ガスを供給することとし、不活性ガスの供給量の調整によって、石英パイプ内の圧力を制御する技術 (例えば、特許文献3参照)、などが提案されている。

ここで、石英パイプ内の圧力とは、パイプ内の絶対圧力と外気圧との差圧 (所謂、ゲージ圧) の事を言う。

【0007】

【特許文献1】 特開昭56-45845号公報

【特許文献2】 特開昭59-217633号公報

【特許文献3】 特開2002-274861号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、近年のMCVD法によるガラス母材製造方法では、例えば、肉厚が5mm以下となる比較的薄肉の石英パイプに、 0.5 g/min を超えるような大きな堆積速度でガラス体を堆積させていくことで、プリフォームの生産性を向上させることが要望されている。

【0009】

しかし、このような薄肉の石英パイプに、大きな堆積速度でガラス体を堆積させると、石英パイプの両端における堆積スス体の収縮力の差は更に顕著に発生し易くなり、プリフォームの外径精度の著しい低下を招く。

そのため、外径精度の低下を防止するには、石英パイプ内の圧力の調整範囲の拡大、調整速度の高速化が不可欠となる。

ところが、ハッファガスの導入ガス量又は排気ガス量を調整することのみで石英パイプ内の圧力を調整する上記の特許文献1、2に開示の従来技術、或いは、原料ガスと一緒に供給する不活性ガスの量を調整することで石英パイプ内の圧力を調整する上記の特許文献3に開示の従来技術では、石英パイプ内の圧力の調整範囲の拡大や調整速度の高速化に十分に対応できない。

【0010】

例えば、特許文献1、2の技術では、石英パイプ内の圧力の調整範囲の拡大や調整速度の高速化のために、ハッファガスの導入ガス量や排気ガス量を調整する手段の石英パイプ内の圧力変動に対する応答を敏感にすると、調整後の石英パイプ内の圧力が、目標とする適正值を超えた過応答となって、直ぐに、その過応答部分に対する圧力差を解消するための再調整が実施されて、石英パイプ内の圧力を速やかに目標とする適正值に収束させることができない。そのため、石英パイプ内の圧力の変動に起因した形状不良等の不都合を招く虞があった。

【0011】

また、特許文献3の技術の場合も、同様に石英パイプ内の圧力を速やかに目標値に収束させることが困難である。更に、特許文献3の技術の場合は、不活性ガスの流量調整によって、一緒に供給される原料ガスの流速が変化してしまうため、原料ガスの加熱による化学反応やガラス体の堆積効率が変わってしまう虞もあった。

【0012】

本発明は、MCVD法によるガラス母材製造工程において、薄肉の石英パイプに大きな堆積速度でガラス体を堆積させる場合でも、石英パイプ内の圧力の変動に起因した石英パイプ外径の収縮のばらつきを防止して、良好な製造を連続実施することのできるガラス母材製造方法及び製造装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的を達成するために、本発明に係る請求項1記載のガラス母材製造方法は、石英パイプの内部に少なくともガラス原料を含むガスを投入しつつ前記石英パイプの長手方向に相対的に移動する熱源により外部から加熱して前記石英パイプ内にガラス体を堆積させるガラス母材製造方法であって、

前記石英パイプには排気部又はバッファガス導入部を合計で2以上接続し、

前記熱源による石英パイプ上の加熱位置に応じて予め設定したパターンに従って前記排気部からの排気ガス量又はバッファガス導入部への導入ガス量のうちの少なくとも1つを制御する第1制御工程と、

前記石英パイプを前記熱源による加熱位置に応じた所定形状に調整するために前記排気部からの排気ガス量又はバッファガス導入部への導入ガス量の他の少なくとも1つをフィードバック制御する第2制御工程とを実行する

ことを特徴とする。

【0014】

本発明に係る請求項2記載のガラス母材製造方法は、請求項1に記載のガラス母材製造方法において、前記第2制御工程におけるフィードバック制御は、石英パイプ内の圧力の

実測値が前記熱源の加熱位置に応じて設定される目標値に一致するように前記石英パイプ内の圧力を制御することを特徴とするといふ。

【0015】

本発明に係る請求項3記載のガラス母材製造方法は、請求項1に記載のガラス母材製造方法において、前記第2制御工程におけるフィードバック制御は、前記熱源の加熱位置近傍で前記石英パイプの形状を測定し、その形状の実測値を予め設定された目標値に一致させるように行うことを特徴とするといふ。

【0016】

本発明に係る請求項4記載のガラス母材製造方法は、請求項3に記載のガラス母材製造方法において、前記石英パイプの形状の実測値を予め設定された形状の目標値に一致させるために必要な前記石英パイプ内の圧力の最適値を決定し、前記石英パイプ内の圧力を前記最適値に一致させるように制御することを特徴とするといふ。

【0017】

本発明に係る請求項5記載のガラス母材製造方法は、請求項1又は4に記載のガラス母材製造方法において、前記石英パイプの形状は、前記石英パイプの外径、内径、肉厚のいずれかを含むことを特徴とするといふ。

【0018】

本発明に係る請求項6記載のガラス母材製造方法は、請求項1乃至5のいずれか一項に記載のガラス母材製造方法において、前記ガラス体の堆積速度は、 0.5 g/min 以上であることを特徴とするといふ。

【0019】

本発明に係る請求項7記載のガラス母材製造方法は、請求項1乃至6のいずれか一項に記載のガラス母材製造方法において、前記石英パイプ内の圧力の調整範囲の最大値と最小値との比を2倍以上とすることを特徴とするといふ。

【0020】

本発明に係る請求項8記載のガラス母材製造方法は、請求項1乃至7のいずれか一項に記載のガラス母材製造方法において、前記石英パイプは、前記ガラス体を堆積した後の長手方向における外径の変動量が $\pm 1\text{ mm}$ 以下であることを特徴とするといふ。

【0021】

本発明に係る請求項9記載のガラス母材製造装置は、石英パイプの一端からその内部に少なくともガラス原料を含むガスを導入するガス供給手段と、
前記石英パイプ内の圧力を測定する圧力測定手段と、
前記石英パイプの他端に接続可能な合計2以上の排気部又はバッファガス導入部と、
前記石英パイプの長手方向に相対的に移動する熱源と、
前記熱源による前記石英パイプ上の加熱位置を検出する位置検出手段と、
前記熱源による石英パイプ上の加熱位置に応じて予め設定されたパターンに従って前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量のうち少なくとも1つを制御する第1の制御手段と、

前記石英パイプ内の圧力が前記熱源の加熱位置に応じて設定される目標値に一致するように、前記圧力測定手段の検出する実測値に基づいて、前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量の他の少なくとも1つをフィードバック制御する第2の制御手段とを備えることを特徴とするガラス母材製造装置。

【0022】

本発明に係る請求項10記載のガラス母材製造装置は、石英パイプの一端からその内部に少なくともガラス原料を含むガスを導入するガス供給手段と、
前記石英パイプの他端に接続可能な合計で2以上の排気部又はバッファガス導入部と、
前記石英パイプの長手方向に相対的に移動する熱源と、
前記熱源による石英パイプ上の加熱位置を検出する位置検出手段と、
前記熱源による石英パイプ上の加熱位置に応じて予め設定されたパターンに従って前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量のうち少なくとも1

つを制御する第1の制御手段と、

前記熱源の加熱位置近傍で前記石英パイプの形状を測定する形状測定手段と、

前記形状測定手段により測定された前記パイプ形状を予め設定された目標パイプ形状に一致するように、前記排気部からの排気ガス量又は前記バッファガス導入部への導入ガス量の他の少なくとも1つをフィードバック制御する第2の制御手段とを備えることを特徴とするガラス母材製造装置。

【発明の効果】

【0023】

本発明のガラス母材製造方法及び製造装置によれば、長手位置に応じて石英パイプ内に発生させたい圧力変化を、大きな変更幅で一気に変更するのに極めて有用である第1制御工程と、石英パイプ内の圧力を正確に微調整するのに極めて有用である第2制御工程とで制御を行って、石英パイプ外径の収縮のばらつきを防止する。

つまり、性質の異なる第1制御工程と第2制御工程とを組み合わせることで、石英パイプ内の圧力の調整範囲が大きくても、調整動作の過応答を招くことなく、石英パイプ内の圧力を速やかに目標とする適正值に調整収束させることが可能になる。

従って、薄肉の石英パイプに大きな堆積速度でガラス体を堆積させる場合でも、石英パイプ外径の収縮のばらつきを防止して、良好な製造を連続実施することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明に係るガラス母材製造方法及び製造装置の好適な実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、本実施の形態では、ガラス母材は、光ファイバプリフォームであるとして説明する。

【0025】

図1は、本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置の第1の実施の形態を示したものである。

この第1の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置1は、石英パイプの内周面にMCVD法によってガラス体を堆積させて、光ファイバプリフォームを形成するもので、円筒状の石英パイプ3の両端をハンドリング用のガラス管5、6を介して支持した支持台9を備える（図では、石英パイプ3は中心軸線を水平に向けて配置されているが、石英パイプ3の配置は、中心軸線を垂直に向けた形態で配置することも可能である）。

また、光ファイバプリフォーム製造装置1は、支持台9に支持された石英パイプ3の一端（図1では、左端）からその内部にガラス原料の原料ガスを導入する図示略のガス供給手段と、支持台9に支持された石英パイプ3の他端に接続されたバッファ室11と、石英パイプの軸線方向（長手方向）に沿って往復運動可能に支持台9上に装備されて石英パイプ3を加熱する熱源13とを備える。

さらに、光ファイバプリフォーム製造装置1は、石英パイプ3内の圧力を測定する圧力測定手段15と、バッファ室11を介して石英パイプ3の他端に接続された排気部17と、バッファ室11を介して石英パイプ3の他端に接続された第1及び第2の2つのバッファガス導入部21、22と、熱源13による石英パイプ3上の加熱位置（図1において、矢印H1で示す位置）を検出する位置検出手段25及び加熱位置に応じて予め設定されたパターンに従ってバッファガス導入部21、22の導入ガス量を調整することで石英パイプ3内の圧力を所望の値に制御する制御部27とを備える。

【0026】

支持台9は、石英パイプ3をその中心軸回りに回転させる回転駆動機構（図示略）を有している。支持台9に支持された石英パイプ3は、熱源13による加熱時には、熱源13による加熱がその全周に渡って均等に得られるように、図1に矢印Fで示す方向に回転駆動される。

【0027】

図示略のガス供給手段が石英パイプ3の一端に供給するガスは、ガラスの原料ガスとしての SiCl_4 、 GeCl_4 、 POCl_3 、 SiF_4 等のハロゲン化物や、及び酸素ガス

やヘリウムガス等のキャリアガスを含む構成のものである。

【0028】

バッファ室11は、石英パイプ3の内の圧力を調整するために、石英パイプ3の一端に連通して設けられた部屋である。

このバッファ室11の直下には、石英パイプ3の内周面に付着せずに石英パイプ3の端部からバッファ室11に流出したスス29を回収するスス捕集部31が接続されている。

【0029】

熱源13は、本実施の形態の場合、酸水素火炎やプラズマ火炎等の火炎13aによって石英パイプ3を所定温度に加熱するバーナーである。また、誘導炉や抵抗炉等の炉や、CO₂レーザーといったレーザも熱源として使用できる。なお、本実施の形態では、石英パイプ3の終了端でススが付着しないように、石英パイプ3の他端部を再加熱する補助熱源14が装備されている。

【0030】

本実施の形態の場合、ガラス体の堆積速度が、0.5 g/min以上となるように、原料ガスの供給量を制御すると共に、熱源13による加熱動作を制御する。

【0031】

圧力測定手段15は、石英パイプ3内に連通しているバッファ室11内の圧力を検出することで、石英パイプ3内の圧力を間接的に測定する圧力計である。この圧力測定手段15が検出した石英パイプ内の圧力の実測値は、フィードバック制御のために、制御部27に通知される。

【0032】

バッファ室11に接続された排気部17は、バッファ室11に連通した排気管17aと、この排気管17aの開度を調整することでバッファ室11からの排気ガス量を制御する排気調整弁17bとを備えている。

【0033】

第1のバッファガス導入部21及び第2のバッファガス導入部22は、バッファ室11に連通する管路21a、22aの途中に流量制御手段21b、22bを装備したもので、図示略のガス供給手段から各管路21a、22aに供給される圧力調整用のバッファガスのバッファ室11への流量を流量制御手段21b、22bによって所望流量に調整可能である。

上記したガス供給手段から各管路21a、22aに供給されるバッファガスは、例えば、酸素や不活性ガス等である。

【0034】

位置検出手段25は、本実施の形態の場合、熱源13上に取り付けられていて、石英パイプ3の右端又は左端から熱源13までの水平方向の離間距離を測定することで、熱源13による石英パイプ3上の加熱位置H1を検出する。

この位置検出手段25が検出した加熱位置H1は、制御部27に通知される。

【0035】

制御部27は、熱源13による石英パイプ3上の加熱位置H1に応じて予め設定されたパターンに従って第1のバッファガス導入部21の管路21aへの導入ガス量を制御する第1の制御手段27aと、この第1の制御手段27aとは別系統とされ、石英パイプ3内の圧力が、熱源13による石英パイプ3上の加熱位置H1に応じて設定される目標値に一致するように、圧力測定手段15の検出する実測値に基づいて第2のバッファガス導入部22の管路22aへの導入ガス量をフィードバック制御する第2の制御手段27bとを備えている。

【0036】

制御部27は、熱源13の加熱位置の移動に対応して、パイプ内の圧力とパイプの形状（外径）との関係、及び導入ガス量の変化量と石英パイプ3の内圧力の変化量との関係を収集したデータを予め保有しており、そのデータに基づいて、加熱位置H1の移動に対応して適正な石英パイプ内の圧力を確保し得る導入ガス量を算出する演算パターンを保有し

ている。

第1の制御手段27aは、その演算パターンに基づいて、第1のバッファガス導入部21からバッファ室11に供給する導入ガス量を算出して、その流量が得られるように流量制御手段21bを制御する。

第2の制御手段27bは、上記の演算パターンに基づいて目標値を算出し、圧力測定手段15から通知された石英パイプ内の圧力の実測値が目標値に一致するように、流量制御手段22bを介して、バッファ室11に供給する導入ガス量を増減調整する。なお、石英パイプ内の圧力は実測する代わりに、排気部の圧力の相对比较によって求めることができる。

【0037】

以上に説明した光ファイバプリフォーム製造装置1は、図示略のガス供給手段により石英パイプ3の一端からその内部にガラス原料を投入しつつ、石英パイプ3をその外部から熱源13によって加熱することで、石英パイプ3内にガラス体33を堆積させる。その際、制御部27がバッファガス導入部21、22からバッファ室11への導入ガス量を調整することで、石英パイプ3内の圧力を所定の圧力に制御して、MCVD法による光ファイバプリフォーム製造を実現する。

【0038】

制御部27では、図2に示すように、第1の制御手段27a及び第2の制御手段27bが、それぞれ個別に、バッファガスの導入ガス量を制御する。

第1の制御手段27aは、位置検出手段25から熱源13による加熱位置の情報を受け取り、その加熱位置H1に応じて予め設定されたパターンに従って第1のバッファガス導入部21への導入ガス量を制御して、石英パイプ3内の圧力を所定圧に変化させる第1制御工程を実施する。

【0039】

一方、第2の制御手段27bは、圧力測定手段15から通知された石英パイプ3内の圧力が、熱源13による加熱位置H1に応じて設定される目標値に一致するように、圧力測定手段15から通知された石英パイプ3内の圧力の実測値に基づいて第2のバッファガス導入部22への導入ガス量をフィードバック制御する第2制御工程を実施する。

【0040】

以上の光ファイバプリフォーム製造装置1が実施するMCVD法による光ファイバプリフォーム製造方法では、熱源13の往復移動によって石英パイプ3をその外周から加熱した際に石英パイプ3の外径変動を防止するべく、第1制御工程と、第2制御工程とで制御を行う。

その際、熱源13の加熱位置に対応して第1のバッファガス導入部21の導入ガス量を調整して石英パイプ3内の圧力を調整する第1制御工程は、石英パイプ3内に印加させたい圧力変化を、大きな変更幅で一気に変更するのに極めて有用である。

そして、石英パイプ3内の圧力が目標値に近付くように、石英パイプ3内の圧力の実測値に基づいて第2のバッファガス導入部22の導入ガス量をフィードバック制御する第2制御工程は、石英パイプ3内の圧力を正確に微調整するのに極めて有用である。

【0041】

そして、このように、性質の異なる第1制御工程と第2制御工程とを組み合わせることで、石英パイプ3内圧力の調整範囲が大きくても、調整動作の過応答を招くことなく、石英パイプ内の圧力を速やかに目標とする適正值に調整収束させることが可能になる。

従って、薄肉の石英パイプ3に大きな堆積速度でガラス体33を堆積させる場合でも、石英パイプ3の形状の変動を防止して、良好な製造を連続実施することができる。

【0042】

また、上記光ファイバプリフォーム製造装置1によるMCVD法の実施によって内周面にガラス体を所定厚さで堆積させた石英パイプ3は、更に加熱してコラプスによって中実化することで、光ファイバプリフォームに仕上げられる。但し、中実化の際には、石英パ

イプをそのまま収縮させて中実化しても良いし、予め石英パイプ3の中空部にガラスロッドを挿入して、コラプスによってロッドとパイプとを一体化するようにしても良い。

【0043】

また、上記実施の形態では、バッファ室11に装備した圧力測定手段15によって石英パイプ内の圧力を直接検出するようにしたが、圧力測定手段15の装備位置は、石英パイプ3の原料供給側の端部や排気部17等に変更することも可能であり、例えば排気部17に装備して、石英パイプ内の圧力を排気部の圧力との相対比較で間接的に求めるところもできる。

【0044】

なお、上記実施の形態では、石英パイプ内の圧力の調整のために、バッファ室11に導入される導入ガス量を調整するようにした。しかし、導入ガス量を調整する代わりに、排気部17から排気される排気ガス量を調整したり、あるいは、排気ガス量及び導入ガス量を共に調整するようにしても、石英パイプ内の圧力の調整は可能である。

【0045】

図3は、本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置の第2の実施の形態を示したものである。

この第2の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置101は、第1の実施の形態の制御部27の代わりに、制御部127を装備したものである。

この制御部127は、石英パイプ3上の加熱位置H1に応じて予め設定されたパターンに従って排気部17からの排気ガス量を制御する第1の制御手段127aと、石英パイプ3内の圧力が、石英パイプ3上の加熱位置H1に応じて設定される目標値に一致するように、圧力測定手段15の検出する実測値に基づいて第1のバッファガス導入部21による導入ガス量をフィードバック制御する第2の制御手段127bとを備えている。

【0046】

制御部127は、熱源13の加熱位置H1の移動に対応して、パイプ内の圧力とパイプの形状（外径）との関係、及び、排気ガス量の変化量と石英パイプ3内の圧力の変化量との関係を収集したデータを予め保有しており、そのデータに基づいて、加熱位置H1の移動に対応して適正な石英パイプ内の圧力を確保し得る排気ガス量を算出する演算パターンを保有しており、図4に示すように、第1の制御手段127a及び第2の制御手段127bが、それぞれ個別に、石英パイプ内の圧力を制御する。

即ち、第1の制御手段127aは、位置検出手段25から熱源13による加熱位置の情報を受け取り、その加熱位置H1に応じて予め設定された演算パターンに従って、排気部17から排出する排気ガス量を算出して、その流量が得られるように排気部17の排気管17aに装備された流量制御手段117を制御することで、石英パイプ3内の圧力を所定圧に変化させる第1制御工程を実施する。

なお、バッファ室11に接続された排気部17には、上記の流量制御手段117の他に、先の第1の実施の形態と同様、バッファ室11に連通した排気管17aと、この排気管17aの開度を調整することでバッファ室11からの排気ガス量を制御する排気調整弁17bとが装備される。

【0047】

一方、第2の制御手段127bは、上述した演算パターンに基づいて石英パイプ内の圧力の目標値を算出し、圧力測定手段15から通知された石英パイプ内の圧力の実測値が目標値に一致するように、流量制御手段21bを介して第1のバッファガス導入部21への導入ガス量をフィードバック制御する第2制御工程を実施する。

【0048】

以上の第2の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置101は、制御部127の採用に伴い、第1の実施の形態で装備していた第2のバッファガス導入部22を削除したり、排気部17の排気管17aに流量制御手段117を装備する等、第1の実施の形態とは一部の構成を変更しているが、それ以外の構成は、第1の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置1と共通である。

なお、排気ガス量の制御方法は、排気調整弁 17b の開度を調整することで実施しても良い。

第 1 の実施の形態と共通の構成については、同番号を付して説明を省略する。

【0049】

以上の光ファイバプリフォーム製造装置 101 のように、加熱位置 H1 の移動に応じて排気部 17 からの排気ガス量を調整するようにしても、石英パイプ内の圧力を大きな調整範囲で一気に調整することが可能で、第 1 の実施の形態と同様の作用・効果を得ることができる。

【0050】

図 5 は、本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置の第 3 の実施の形態を示したものである。

この第 3 の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置 201 は、第 1 の実施の形態に示した光ファイバプリフォーム製造装置 1 の一部を改良したもので、円筒状の石英パイプ 3 の両端をハンドリング用のガラス管 5, 6 を介して支持した支持台 9 を備えている。

また、この光ファイバプリフォーム製造装置 201 は、支持台 9 に支持された石英パイプ 3 の一端（図 5 では、左端）からその内部にガラス原料の原料ガスを導入する図示略のガス供給手段と、支持台 9 に支持された石英パイプ 3 の他端に接続されたバッファ室 11 と、石英パイプの軸線方向（長手方向）に沿って往復運動可能に支持台 9 上に装備されて石英パイプ 3 を加熱する熱源 13 とを備える。

さらに、光ファイバプリフォーム製造装置 201 は、石英パイプ 3 内の圧力を測定する圧力測定手段 15 と、バッファ室 11 を介して石英パイプ 3 の他端に接続された排気部 17 と、バッファ室 11 を介して石英パイプ 3 の他端に接続された第 1 及び第 2 の 2 つのバッファガス導入部 21, 22 と、熱源 13 による石英パイプ 3 上の加熱位置 H1 を検出する位置検出手段 25 と、バッファガス導入部 21, 22 の導入ガス量を調整することで石英パイプ 3 内の圧力を所望の値に制御する制御部 227 とを備える。

【0051】

この第 3 の実施の形態に装備された制御部 227 は、熱源 13 による石英パイプ 3 上の加熱位置 H1 に応じて予め設定されたパターンに従って第 1 のバッファガス導入部 21 による導入ガス量を制御する第 1 の制御手段 227a と、石英パイプ 3 上の加熱位置近傍で石英パイプ 3 の形状を測定し、その測定されたパイプ形状を予め設定された目標パイプ形状に一致させるために必要な石英パイプ内の圧力の最適値を決定する最適圧算出部 227b と、圧力測定手段 15 の検出した実測値が最適圧算出部 227b の算出した最適値に一致するように、第 2 のバッファガス導入部 22 への導入ガス量をフィードバック制御する第 2 の制御手段 227c とを備えている。

【0052】

本実施の形態の場合、最適圧算出部 227b は、形状測定手段 230 を介して、加熱位置近傍での石英パイプ 3 の形状情報を獲得する。

形状測定手段 230 は、加熱位置近傍で石英パイプ 3 の形状を撮影する CCD カメラ 231 と、この CCD カメラ 231 の撮影した画像を解析して石英パイプ 3 の形状（外径、内径、肉厚）を算出する画像解析処理装置 232 とから構成されていて、この画像解析処理装置 232 の解析結果が、最適圧算出部 227b に通知される。

【0053】

光ファイバプリフォーム製造装置 201 において、制御部 227 と、追加装備した形状測定手段 230 以外の構成は、第 1 の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置 1 と共通である。第 1 の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置 1 と共通の構成については、同番号を付して、説明の簡略化、又は省略をする。

【0054】

以上の光ファイバプリフォーム製造装置 201 では、図示略のガス供給手段により石英パイプ 3 の一端からその内部にガラス原料を投入しつつ、石英パイプ 3 をその外部から熱源 13 によって加熱することで、石英パイプ 3 内にガラス体 33 を堆積させる。その際、

制御部 227 がバッファガス導入部 21, 22 からバッファ室 11 への導入ガス量を調整することで、石英パイプ 3 内の圧力を所望の圧力に調整して、MCVD 法によるガラス母材製造を実現する。

【0055】

制御部 227 では、図 6 に示すように、第 1 の制御手段 227 a 及び第 2 の制御手段 227 c が、それぞれ個別に、導入ガス量を制御する。

第 1 の制御手段 227 a は、位置検出手段 25 から熱源 13 による加熱位置の情報を受け取り、その加熱位置 H1 に応じて予め設定されたパターンに従って第 1 のバッファガス導入部 21 への導入ガス量を制御して、石英パイプ 3 内の圧力を所定圧に変化させる第 1 制御工程を実施する。

【0056】

第 1 の制御手段 227 a の処理に並行して、最適圧算出部 227 b は、形状測定手段 230 を介して、石英パイプ 3 上の加熱位置 H1 近傍での石英パイプ 3 の形状としての外径寸法を測定し、その測定されたパイプ形状が予め設定された目標パイプ形状に一致するために必要な石英パイプ内の圧力の最適値を決定する最適圧算出工程を実施する。

【0057】

そして、第 2 の制御手段 227 c は、圧力測定手段 15 により算出した石英パイプ 3 内の圧力の実測値が最適圧算出部 227 b の算出した最適値に一致するように、石英パイプ 3 内の圧力の実測値に基づいて第 2 のバッファガス導入部 22 への導入ガス量をフィードバック制御する第 2 制御工程を実施する。

なお、石英パイプ 3 の形状の実測値が、熱源 13 の加熱位置 H1 に応じて予め設定される形状の目標値に一致するように、石英パイプ内の最適圧力を算出せずに、バッファガス導入部 21, 22 の導入ガス量を制御してもよい。

【0058】

以上の光ファイバプリフォーム製造装置 201 が実施する製造方法では、第 1 の実施の形態の光ファイバプリフォーム製造装置 1 が実施する製造方法の場合と同様に、MCVD 法による光ファイバプリフォーム製造工程において、熱源 13 の往復移動によって石英パイプ 3 をその外周から加熱した際に石英パイプ 3 外径の変動の要因を防止するべく、第 1 制御工程と、第 2 制御工程とで石英パイプ 3 内の圧力を制御する。

【0059】

その場合に、第 1 制御工程は、第 1 の実施の形態の場合と同様に、熱源 13 の加熱位置 H1 に対応して導入ガス量を導入して石英パイプ内の圧力を調整するもので、石英パイプ 3 内に印加させたい圧力変化を、大きな変更幅で一気に変更するのに極めて有用である。

一方、光ファイバプリフォーム製造装置 201 において実施する第 2 制御工程は、石英パイプ 3 の形状を予め設定された目標形状に調整するべく最適圧算出部 227 b で算出した石英パイプ 3 内の圧力の最適値と圧力測定手段 15 が検出した実測値に基づいて、導入ガス量をフィードバック制御するもので、石英パイプ 3 内の形状を正確に微調整するのに極めて有用である。

【0060】

そして、このような性質の異なる第 1 制御工程と第 2 制御工程とを組み合わせることで、第 1 の実施の形態の場合と同様に、石英パイプ内の圧力の調整範囲が大きくても、調整動作の過応答を招くことなく、石英パイプ内の圧力を速やかに目標とする適正値に調整収束させることが可能になる。

従って、薄肉の石英パイプ 3 に大きな堆積速度でガラス体 33 を堆積させる場合でも、石英パイプ 3 の形状の変動を防止して、良好な製造を連続実施することができる。

【0061】

なお、石英パイプ 3 内の圧力によって影響を受ける石英パイプ 3 の形状としては、石英パイプ 3 の外径、又は内径、又はパイプの肉厚が存在するが、最適圧算出工程で監視する形状は、その内のいずれか少なくとも一つでよく、それぞれの形状の測定に必要な測定機器や測定方法を吟味して、測定し易い形状パラメータを選択すれば良い。

石英パイプ3の外径、又は内径、又はパイプの肉厚のいずれかの形状パラメータを採用しても、正確な測定ができれば、第2制御工程における制御処理精度の向上に貢献でき、石英パイプ3の形状を安定維持した良好なプリフォームの製造を実現することができる。

【0062】

石英パイプ3の形状の測定方法としては、CCDカメラで撮影した画像を処理することで石英パイプ3の外径、内径、肉厚を測定する方法の他に、レーザ外径測定器を使用して加熱位置付近における石英パイプ3の外径を測定する方法、更には、透過X線を利用した外径、内径、肉厚の測定方法、更には、音波や光を石英パイプ3に照射して、その音波の伝搬時間や光の光路長を解析することで石英パイプの肉厚等を測定する方法を採用することもできる。

【0063】

また、MCVD法による光ファイバプリフォーム製造方法においては、石英パイプ3内のガラス体33の堆積速度（デポレート）が大きくなるほど、長手方向における石英パイプ3内のガラス体の堆積量の変化が大きくなり、石英パイプ3内の圧力の調整範囲が大きくなる。

その場合には、上記の各実施の形態にも示したように、パイプ内圧力を大きな範囲で一気に調整するのに適した第1制御工程と、パイプ内圧力を小さな範囲で正確に微調整するのに適した第2制御工程とを組み合わせることで実施することが極めて有効になる。

つまり、MCVD法による製造工程において、ガラス体33の堆積速度が0.5 g/min以上の大きな場合には、性質の異なる第1制御工程と第2制御工程を組み合わせる本発明の効果を顕著に発揮でき、安定したプリフォーム製品の製造が実現できると同時に、堆積速度の向上によってプリフォーム製品の生産性を向上させることが可能になる。

【0064】

更に上記実施の形態の具体的な実施例を、以下に示す。

【実施例1】

【0065】

図7は、本発明における作用効果の確認のために、従来の製造方法によってプリフォームの製造を実施した場合の比較例1、2における石英パイプ内の圧力と、本発明の製造方法でプリフォームの製造を実施した実施例1における石英パイプ内の圧力とを測定したものである。

製造条件は、いずれの場合も、石英パイプとしては、外径が34 mm、肉厚が4 mm、長さが800 mmのC1添加石英パイプ（C1の濃度は、0.2重量%）を用い、熱源としてのバーナーの往復運動の速度（即ち、石英パイプに対する加熱位置の移動速度）は100 mm/min、熱源としてのバーナーには、熱プラズマバーナーを使用して石英パイプの外表面の最高温度を2200℃に加熱、ガラス体の堆積速度は1 g/min、堆積ガラス体の純石英に対する比屈折率差の目標値0.40%、石英パイプの他端にはバッファ室を設けて、そのバッファ室内の圧力を石英パイプ内の圧力とした。また、排気ガス量は、バッファガスを流さない状態で石英パイプ内の圧力が-20 Pa程度になるようにした。以上の条件で、MCVD法により5層分のガラス体の堆積を実施する。

なお、上記の条件でMCVD法を実施する際、加熱位置がガラス体の堆積量が少ない原料供給端に近い位置の時には、石英パイプ内の圧力を+50 Pa程度、加熱位置がガラス体の堆積量が多い排気端に近い位置の時には、石英パイプ内の圧力を+400 Pa程度にする必要があることが判っている。

【0066】

図7(a)は、石英パイプ内の実測圧力とバッファガスの流量とをフィードバック制御して石英パイプ内の圧力を調整する従来の製造方法を実施する比較例1における石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図である。

この比較例1の場合は、石英パイプ内の圧力の目標値（設定圧力）と実測圧力との間に、図示のように、±40 Pa程度の差が生じ、その結果、石英パイプの外径に基準値に対して±2 mm程度の誤差が生じた。

また、バッファガスの流量は、石英パイプ内の圧力の目標値（設定圧力）と実測圧力との差分に相応して、 $10 \sim 46 \text{ L/min}$ （標準状態における流量。以降は、SLMと表記する）に変化していた。

この比較例 1 では、製造された石英パイプを中実化した時、後にジャケット部が合成され、線引きされて光ファイバとなる長さ 500 mm に渡り、ガラス体堆積部の直径が $5.5 \pm 0.2 \text{ mm}$ となり、純石英に対する比屈折率差が $0.395 \pm 0.10\%$ となり、満足できる品質ではなかった。

【0067】

図 7 (b) は、バーナーによる加熱位置に応じてバッファガスの流量を変更することで石英パイプ内の圧力を制御する従来の製造方法を実施する比較例 2 における石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図である。

この比較例 2 の場合は、バッファガスの流量変更に伴って、排気の条件が変化してしまい、ガラス体堆積中に発生したススが排気部に詰まるなど不具合が発生する場合もあった。そして、この比較例 2 の場合も、図示のように、石英パイプ内の圧力の目標値（設定圧力）と実測圧力との間に、 $\pm 40 \text{ Pa}$ 程度の差が生じ、その結果、石英パイプの外径に基準値に対して $\pm 2 \text{ mm}$ 程度の誤差が生じた。

また、比較例 2 の場合は、バッファガスの流量が、加熱位置の移動に伴って、 $10 \sim 45 \text{ SLM}$ の変化を示した。

この比較例 2 では、製造された石英パイプを中実化した時、後にジャケット部が合成され、線引きされて光ファイバとなる長さ 500 mm に渡り、ガラス体堆積部の直径が $5.7 \pm 0.2 \text{ mm}$ となり、純石英に対する比屈折率差が $0.410 \pm 0.10\%$ となり、満足できる品質ではなかった。

【0068】

図 7 (c) は、図 1 に示した装置構成で、石英パイプ内の実測圧力とバッファガスの流量とをフィードバック制御すると共に、バーナーによる加熱位置に応じてバッファガスの流量を変更することで石英パイプ内の圧力を制御する本発明の実施例 1 における石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図である。

この実施例 1 では、加熱位置の移動に応じて第 1 の制御手段によりバッファ室への導入ガス量を変化させ、石英パイプ内の圧力の実測値が目標値に一致するように第 2 の制御手段による導入ガス量をフィードバック制御した。また、第 1 のバッファガス導入部からの導入ガス量は熱源による加熱位置の移動に応じて、 $2 \sim 18 \text{ SLM}$ と変化させた。フィードバック制御する第 2 のバッファガス導入部からの導入ガス量は、石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との差分に相応して、 $10 \sim 20 \text{ SLM}$ の変化を示した。

その結果、石英パイプ内の圧力は、目標値に対して $\pm 3 \text{ Pa}$ という極めて微小なずれに抑えることができ、良好な制御が可能になった。

従って、石英パイプの外径変動も、 $\pm 0.5 \text{ mm}$ と良好であった。

この実施例 1 で製造された石英パイプを中実化した時、後にジャケット合成、線引きされて光ファイバとなる領域 500 mm に渡り、ガラス体堆積部の直径が $5.6 \pm 0.1 \text{ mm}$ となり、純石英に対する比屈折率差が $0.400 \pm 0.06\%$ となり、ばらつきの小さい満足できる品質が得られた。

【実施例 2】

【0069】

図 8 は、図 5 に示した装置構成で、石英パイプ内の実測圧力とバッファガスの流量とをフィードバック制御すると共に、バーナーによる加熱位置に応じてバッファガスの流量を変更することで石英パイプ内の圧力を制御する本発明の実施例 2 における石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図である。

製造条件は、石英パイプとしては、外径が 34 mm 、肉厚が 4 mm 、長さが 800 mm の C1 添加石英パイプ（C1 の濃度は、 0.2 重量%）を用い、熱源としてのバーナーの往復運動の速度（即ち、石英パイプに対する加熱位置の移動速度）は 150 mm/min 、熱源としてのバーナーには、プラズマバーナーを使用して石英パイプの外表面の最高温

度を 2200°C に加熱、ガラス体の堆積速度は 1 g/min 、堆積ガラス体の純石英に対する比屈折率差の目標値 0.40% 、石英パイプの他端にはバッファ室を設けて、そのバッファ室内の圧力を石英パイプ内の圧力と見なした。また、排気の量は、バッファガスを流さない状態で石英パイプの内圧が -30 Pa 程度になるようにした。以上の条件で、MCVD法により10層分のガラス体の堆積を実施する。

【0070】

なお、図5に示した装置構成において、CCDカメラ231によって測定される石英パイプ3の外径が、石英パイプ3の長手方向全域に渡って 34 mm とするように、最適圧算出部227b及び第2の制御手段227cによるフィードバック制御を実施した。

また、第1のバッファガス導入部からの導入ガス量は熱源による加熱位置の移動に応じて、 $8\sim40\text{ SLM}$ と変化させた。フィードバック制御する第2のバッファガス導入部からの導入ガス量は、石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との差分に相応して、 $10\sim17\text{ SLM}$ の変化を示した。

最適圧算出部227b及び第2の制御手段227cによるフィードバック制御により、加熱位置が原料供給端に近い位置の時には、石英パイプ内の圧力が $+45\text{ Pa}$ 程度、加熱位置が排気端に近い位置の時には、石英パイプ内の圧力が $+415\text{ Pa}$ 程度になる石英パイプ3内の圧力制御が可能になった。

【0071】

この実施例2の製造工程では、石英パイプ内の圧力は、目標値に対して $\pm 3\text{ Pa}$ という極めて微小なずれに抑えることができ、良好な制御が可能になった。

更に、石英パイプの外径変動も、 $34.0\pm 0.2\text{ mm}$ となり、実施例1よりも更に好結果が得られた。

また、この実施例2で製造された石英パイプを中実化した時、後にジャケット合成、線引きされて光ファイバとなる長さ 500 mm に渡り、ガラス体堆積部の直径が $5.6\pm 0.1\text{ mm}$ となり、純石英に対する比屈折率差が $0.400\pm 0.06\%$ となり、ばらつきの小さい満足できる品質が得られた。

【0072】

図9は、MCVD法によって石英パイプ内にガラス体を堆積させる際の各堆積速度に対する、石英パイプ内の圧力の変動幅の説明図である。

また、図10は、MCVD法によって石英パイプ内にガラス体を堆積させる際の各堆積速度に対する、石英パイプ内の圧力の最大値と最小値との比の説明図である。

上記の各実施の形態において、長手方向における石英パイプ3の形状変動を生じさせないためには、熱源13による加熱位置の移動に伴って、石英パイプ3内圧力を調整することが不可欠であるが、その場合の石英パイプ3内圧力の調整範囲は、ガラス体33の堆積速度が大きくなるほど増大する傾向にある。

そして、石英パイプ内の圧力の調整範囲は、ガラス体33の堆積速度に応じて、最大値と最小値との比で表すことができ、最大値と最小値との比を2倍以上とすれば、図9及び図10からも明かなように、ガラス体33の堆積速度が 0.5 g/min 以上であっても、石英パイプ3に変形が生じることはないように、速やかに、石英パイプ3内の圧力を制御することができる。

そして、ガラス体33の堆積速度を 0.5 g/min 以上の高速にして、ガラス体33の堆積を繰り返すことによって、大型の母材を安定製造することが可能になる。

従って、本発明に係る光ファイバプリフォーム製造方法及び製造装置では、石英パイプ3内の圧力の調整範囲の最大値と最小値との比を2倍以上に設定することが望ましい。

【0073】

なお、本発明に係るガラス母材製造方法では、石英パイプ3の形状として外径を実測して、その実測外径と予め設定した目標外径との差で、石英パイプ3内圧力の最適値を算出する際に、その実測外径と予め設定した目標外径との差の許容値を予め設定しておけば、その許容値の範囲内であれば、最適値の算出処理を省略して、処理を簡略化することができる。

また、その場合の許容値は、光ファイバ化される領域に換算して規定しておけば、外径に寸法誤差が生じて、光ファイバ化された状態では実害の無い範囲に、品質を維持することができ、設計仕様通りの安定した品質の製品を歩留まり良く製造することができる。

具体的には、石英パイプ 3 は、ガラス体 33 を堆積した後の外径の変動量が、後の製造処理工程で光ファイバ化される領域で $\pm 1\text{ mm}$ 以下となるように規制すると良い。

【実施例 3】

【0074】

図 11 は、MCVD 法によって石英パイプ内にガラス体を堆積させる各堆積速度に対する、パイプ外径変動及び内付け部の径の変動を測定した、従来の製造方法における比較例 3、4 と、本発明における実施例 3 とを示しものである。また、図 12 は、上記の測定結果に基づいて比較例 3、4 と実施例 3 との各堆積速度に対する外径の誤差を示し、図 13 は、各堆積速度に対する内付け部の径の誤差を示した比較図である。

製造条件は、いずれの場合も、石英パイプとしては、外径が 4.2 mm 、肉厚が 3 mm 、長さが 800 mm の C1 添加石英パイプ (C1 の濃度は、 $0.2\text{ 重量}\%$) を用い、熱源としてのバーナーには、熱プラズマを用いたプラズマバーナーを使用して石英パイプの外表面の温度を 2200°C (放射温度計で測定) に加熱、バーナーの往復運動の速度 (即ち、石英パイプに対する加熱位置の移動速度) は 140 mm/min とし、ガラス体を堆積させる際の、熱源往復回数を 20 回とした。以上の条件で、MCVD 法により堆積速度を変更してガラス体の堆積を実施した場合の、各堆積速度に対するパイプ外径変動及び内付け部の径の変動を測定した。

【0075】

なお、パイプ外径の測定方法としては、CCD カメラで加熱部を撮影し、画像処理して外径寸法を測定した。また、測定するパイプ外径は、ガラス体堆積完了後のパイプ外径とし、ガラス体の長さ 600 mm (開始端、終了端からそれぞれ 100 mm を除いた部分) で測定した。また、測定するガラス体内付け部の径は、ガラス体堆積完了後、パイプを中実化し、堆積部の径をガラス体の長さ 450 mm (開始端から 200 mm 、終了端から 150 mm を除いた部分) で測定した。

【0076】

図 10 (a) は、石英パイプ内の実測した圧力が所望の設定値となるように、バッファガスの導入ガス量にフィードバック制御のみ行って石英パイプ内の圧力を調整する、従来の製造方法を実施した、比較例 3 による各堆積速度に対するパイプの外径変動及び内付け部の径の変動を示す測定結果である。

図 10 (b) は、パイプ外径を計測し、その実測値が 4.2 mm となるように、バッファガスの導入ガス量にフィードバック制御のみ行って石英パイプ内の圧力を調整する、従来の製造方法を実施した、比較例 4 による各堆積速度に対するパイプ外径変動及び内付け部の径の変動を示す測定結果である。

図 10 (c) は、パイプ外径を計測し、その実測値が 4.2 mm となるように、バッファガスの導入ガス量にフィードバック制御を行うと共に、石英パイプ上の長手方向で加熱位置に応じて予め設定されたパターンに従ってバッファガスを供給する、本発明の実施例 3 における各堆積速度に対するパイプ外径変動及び内付け部の径の変動を示す測定結果である。

以上の測定結果から明らかなように、いずれの比較例 3、4 も各堆積速度に対するパイプ外径変動及び内付け部の径の変動は大きく変化した。これに対し、実施例 3 では、パイプ外径変動及び内付け部の径の変動のいずれにおいても、比較例 3、4 に比べてばらつきの小さい満足のできる品質が得られた。

【0077】

なお、本明細書では、ガラス母材に光ファイバプリフォームを挙げて説明したが、本発明はこのような光ファイバプリフォームに限定されるものではないことは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置の第 1 の実施の形態の概略構成図である。

【図 2】図 1 に示した光ファイバプリフォーム製造装置の動作手順を示すブロック図である。

【図 3】本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置の第 2 の実施の形態の概略構成図である。

【図 4】図 3 に示した光ファイバプリフォーム製造装置の動作手順を示すブロック図である。

【図 5】本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置の第 3 の実施の形態の概略構成図である。

【図 6】図 5 に示した光ファイバプリフォーム製造装置の動作手順を示すブロック図である。

【図 7】本発明に係る光ファイバプリフォーム製造装置と従来装置における動作性能の比較図で、(a) は従来装置の石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図、(b) は他の従来装置の石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図、(c) は本発明の実施例 1 における石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図である。

【図 8】本発明の実施例 2 における石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との比較図である。

【図 9】MCVD 法によって石英パイプ内にガラス体を堆積させる際の各堆積速度に対する、石英パイプ内の圧力の変動幅の説明図である。

【図 10】MCVD 法によって石英パイプ内にガラス体を堆積させる際の各堆積速度に対する、石英パイプ内の圧力の最大値と最小値との比の説明図である。

【図 11】MCVD 法によって石英パイプ内にガラス体を堆積させる際の各堆積速度に対する、パイプ外径変動及び内付け部の径の変動を示す測定結果で、(a) は石英パイプ内の実測した圧力に基づいてバッファガスの導入ガス量にフィードバック制御を行う比較例 3 における測定結果を示し、(b) はパイプ外径を計測測定し、その形状の実測値に基づいてバッファガスの導入ガス量にフィードバック制御を行う比較例 4 における測定結果を示し、(c) は石英パイプ内の圧力の実測値と目標値との差に基づいて行う第 1 制御工程と、実測したパイプ外径に基づいてバッファガスの導入ガス量にフィードバック制御を行う第 2 制御工程とを行った本発明の実施例 3 における測定結果を示す図である。

【図 12】図 11 に基づいたパイプ外径変動の比較例 3, 4 と実施例 3 との比較図である。

【図 13】図 11 に基づいた内付け部の径の変動の比較例 3, 4 と実施例 3 との比較図である。

【符号の説明】

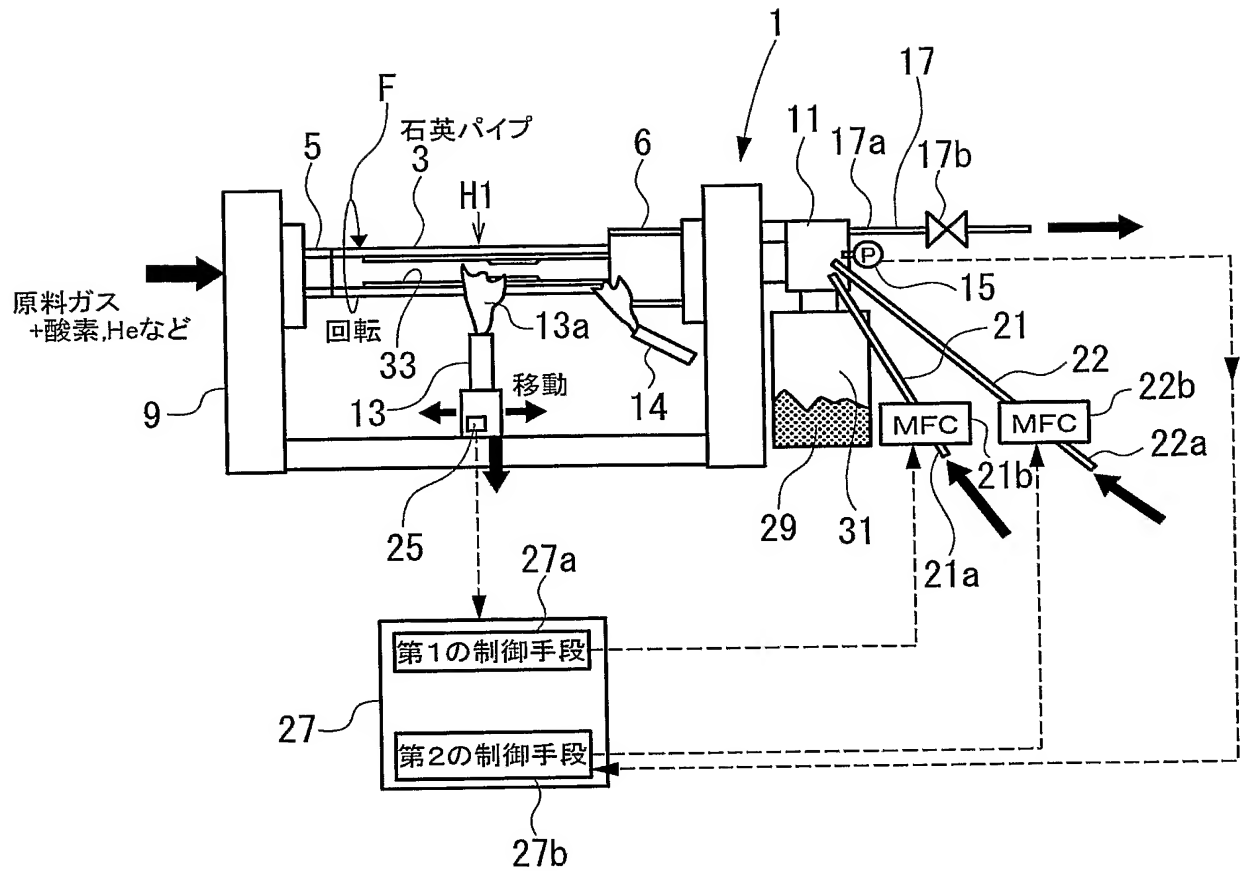
【0079】

- 1 光ファイバプリフォーム製造装置
- 3 石英パイプ
- 5, 6 ガラス管
- 9 支持台
- 11 バッファ室
- 13 熱源
- 14 補助熱源
- 15 圧力測定手段
- 17 排気部
- 21 第 1 のバッファガス導入部
- 21b 流量制御手段
- 22 第 2 のバッファガス導入部
- 22b 流量制御手段

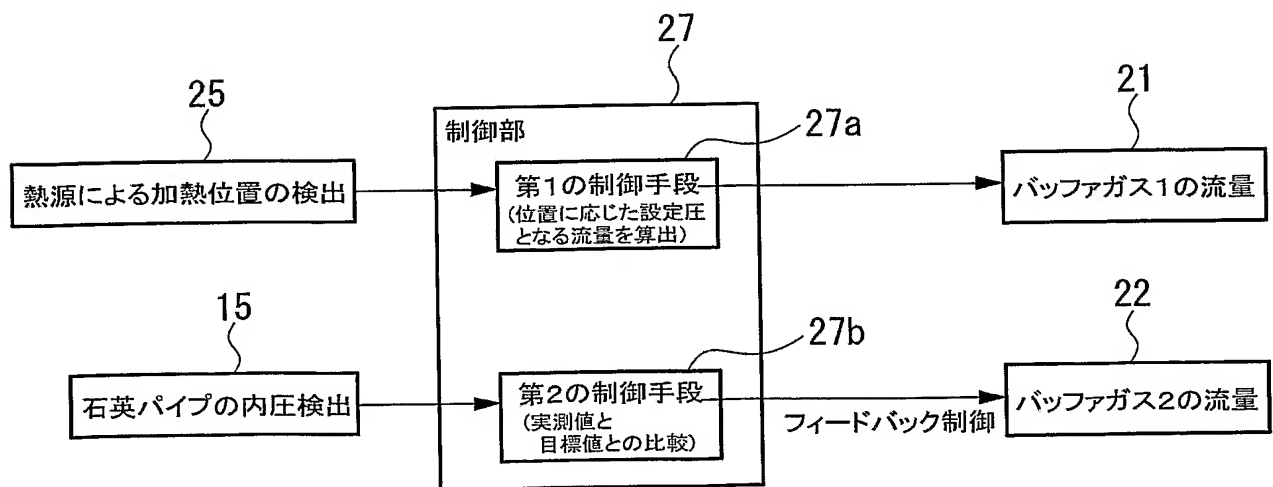
- 2 5 位置検出手段
- 2 7 制御部
 - 2 7 a 第 1 の制御手段
 - 2 7 b 第 2 の制御手段
- 2 9 スス
- 3 1 スス捕集部
- 3 3 ガラス体
- 1 0 1 光ファイバプリフォーム製造装置
- 1 1 7 流量制御手段
- 2 0 1 光ファイバプリフォーム製造装置
- 2 2 7 制御部
 - 2 2 7 a 第 1 の制御手段
 - 2 2 7 b 最適圧算出部
 - 2 2 7 c 第 2 の制御手段
- 2 3 0 形状測定手段
- 2 3 1 C C D カメラ
- 2 3 2 画像解析処理装置

【書類名】 図面

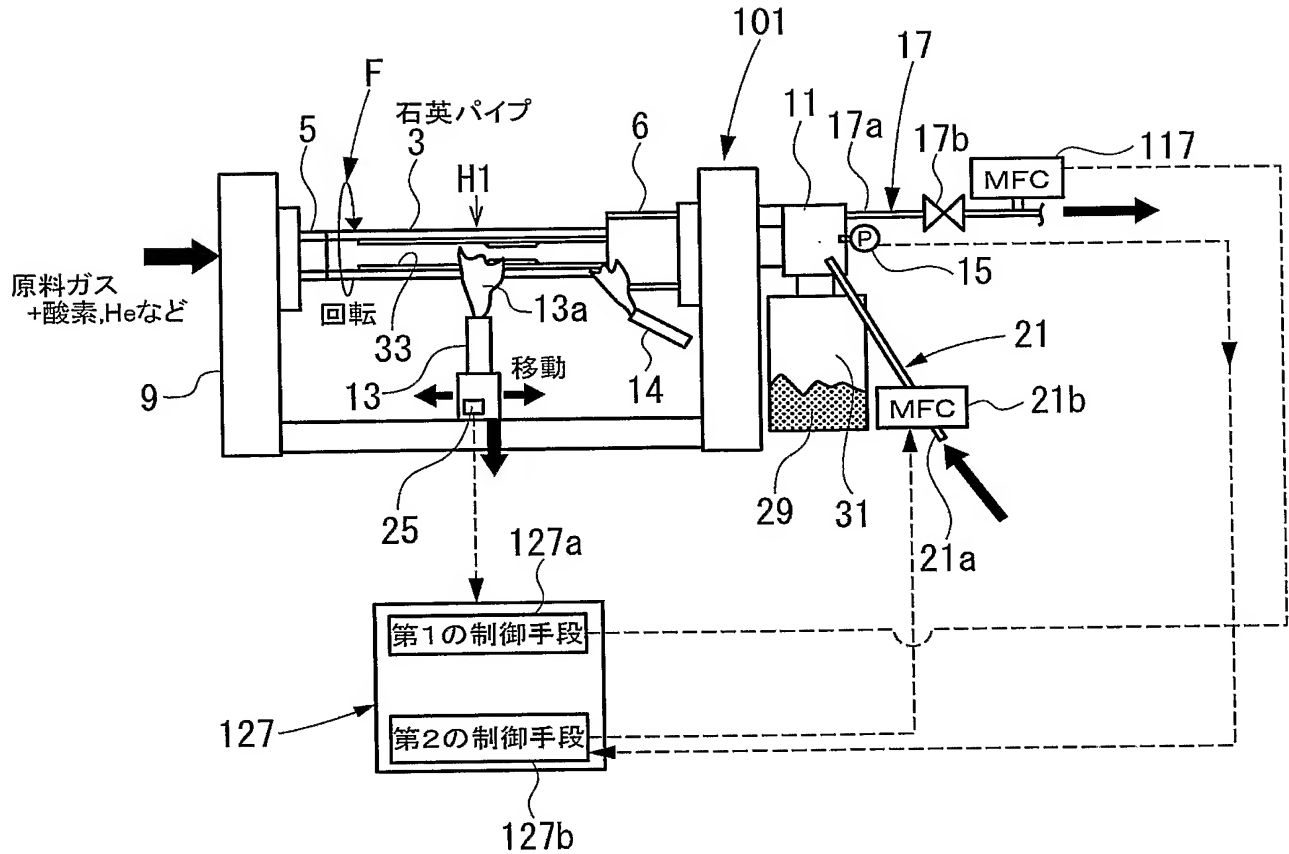
【図 1】



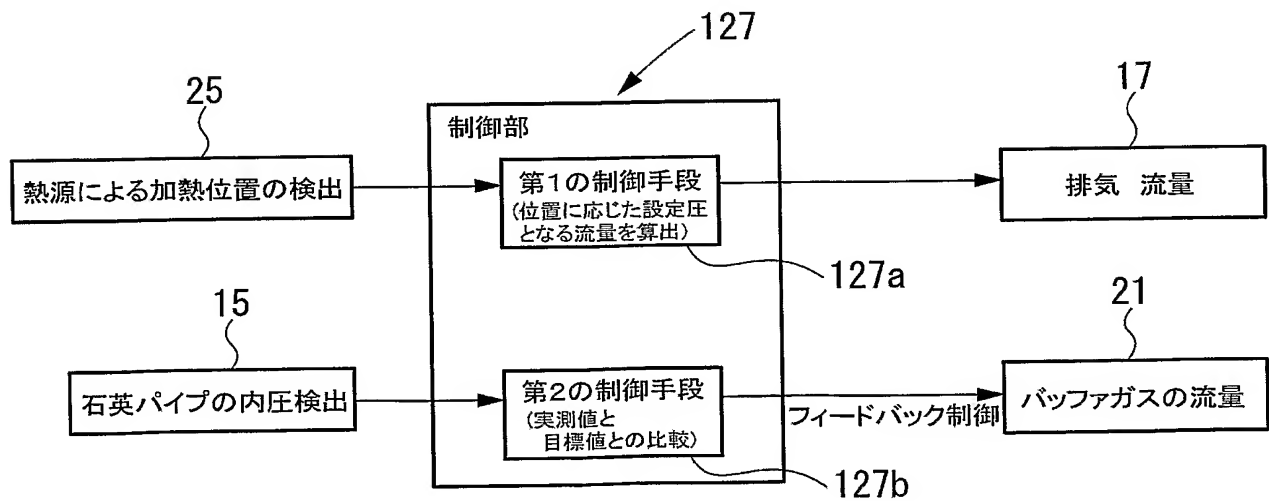
【図 2】



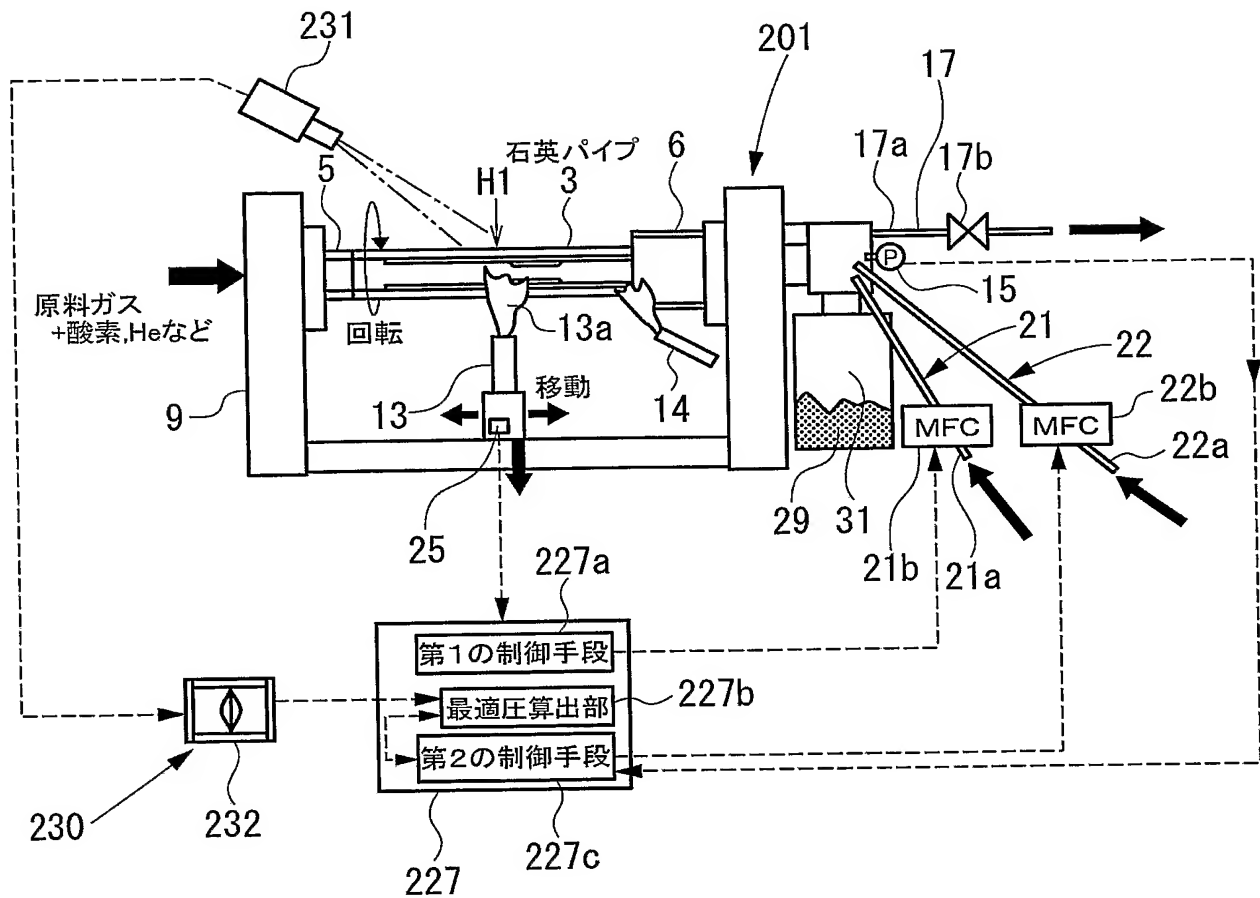
【図 3】



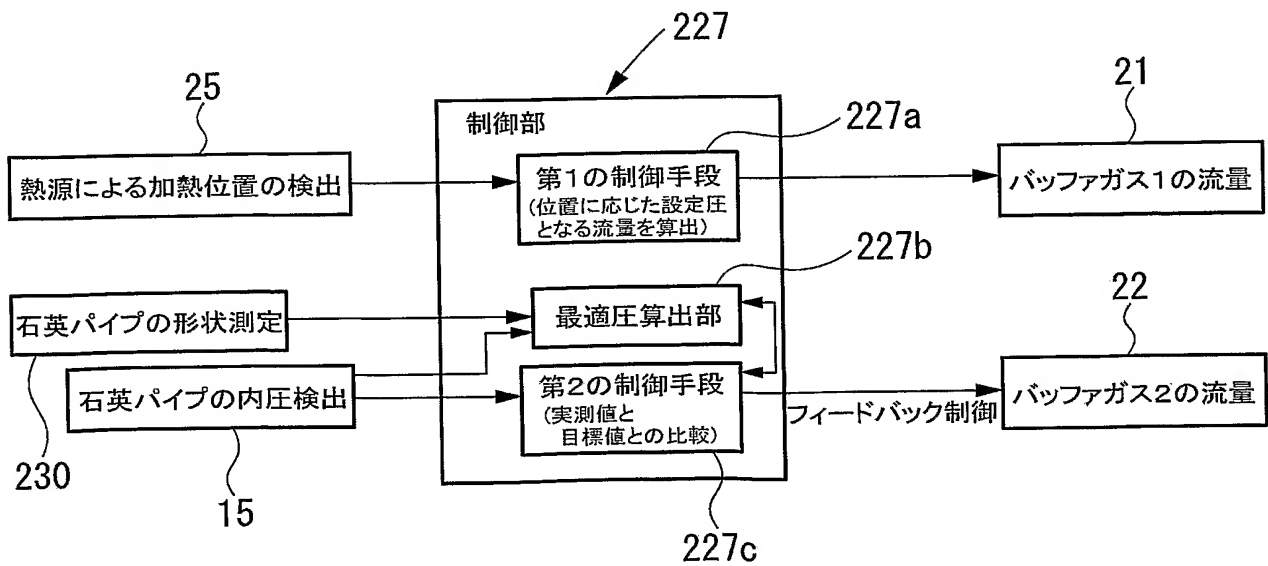
【図 4】



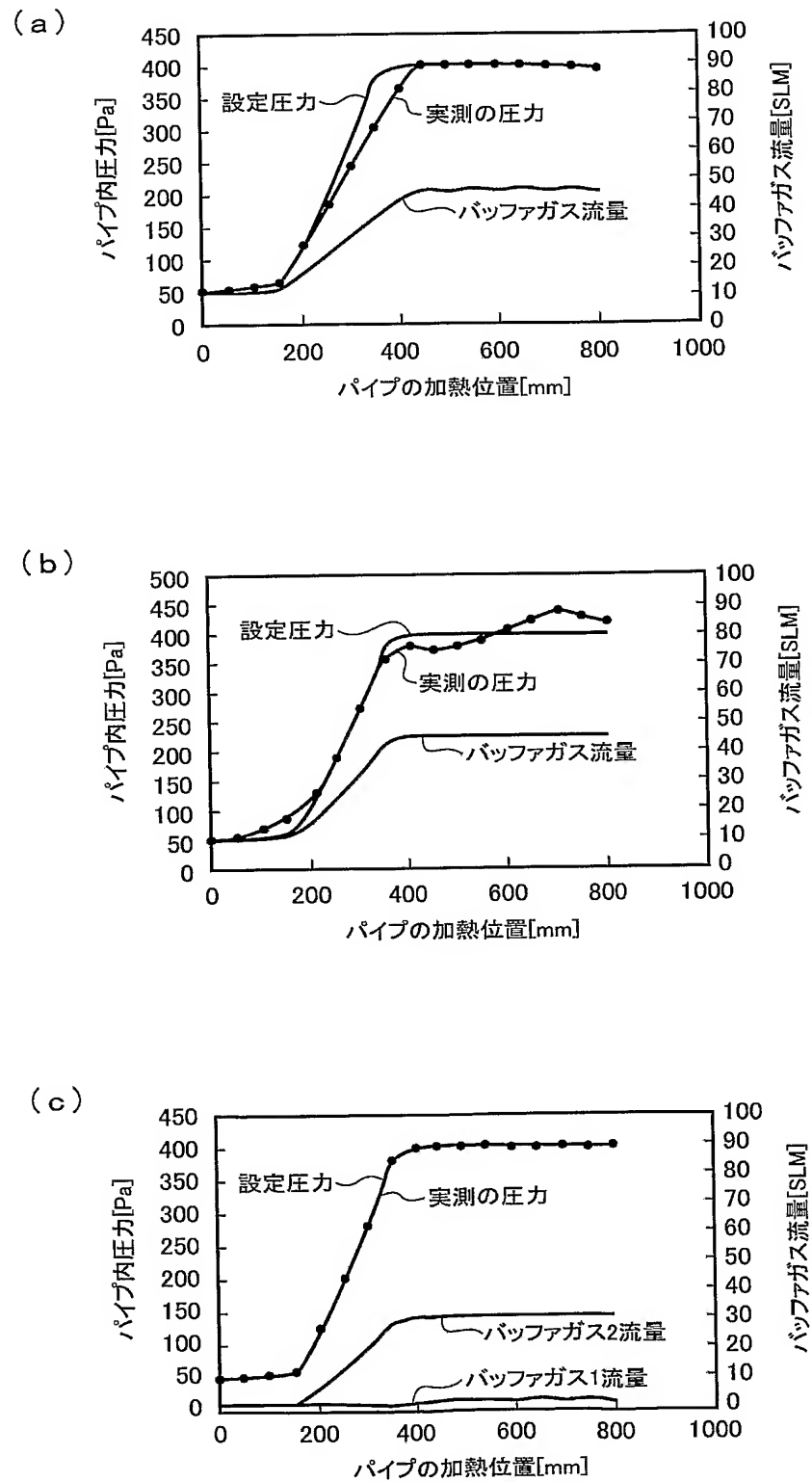
【図 5】



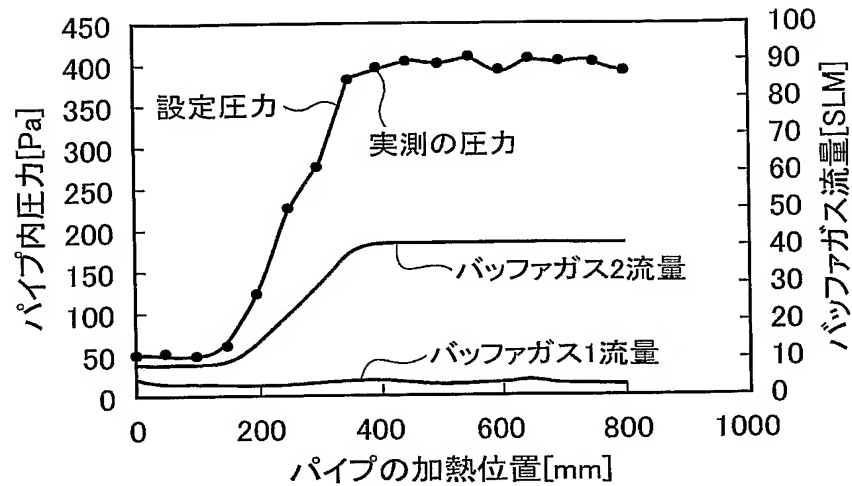
【図 6】



【図 7】



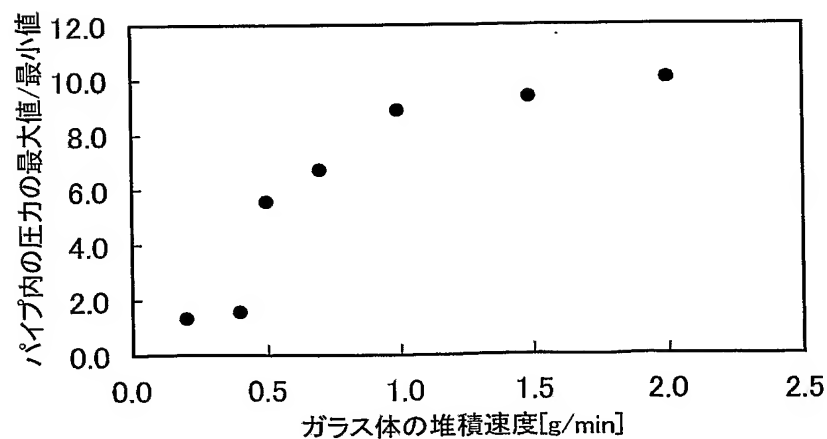
【図 8】



【図 9】

デポレート	パイプ内圧力の 最大値	パイプ内圧力の 最小値	比
g/min	Pa	Pa	
0.2	60	45	1.3
0.4	70	45	1.6
0.5	250	45	5.6
0.7	300	45	6.7
1.0	400	45	8.9
1.5	420	45	9.3
2.0	450	45	10.0

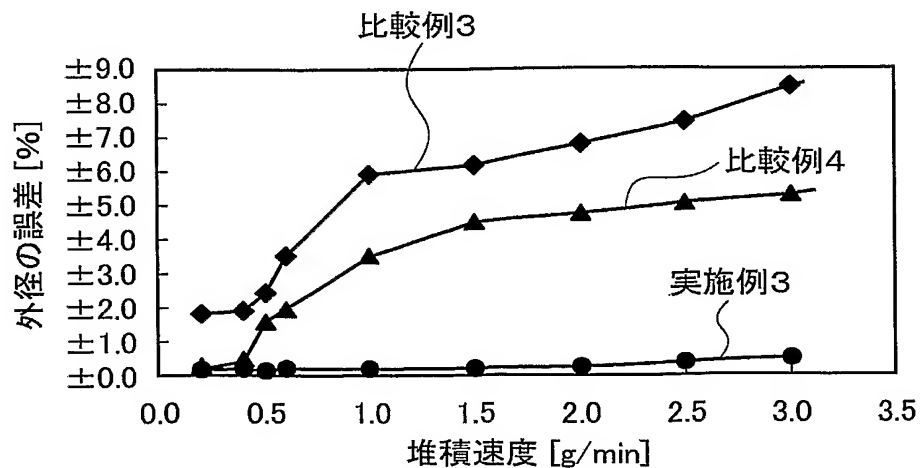
【図 10】



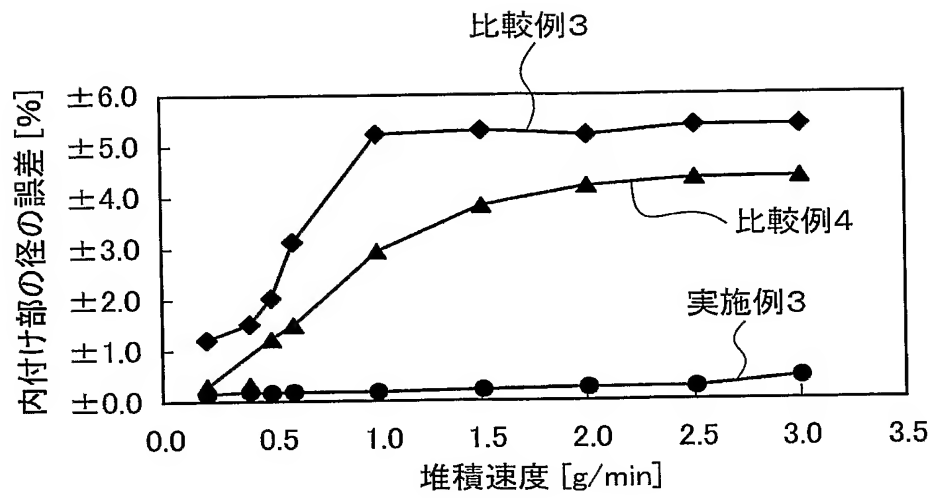
【図 11】

(a)	比較例3		
	堆積速度 g/min	パイプ外径変動 %	内付け部の径の変動 %
	0.2	±1.8	±1.2
	0.4	±1.9	±1.5
	0.5	±2.4	±2.0
	0.6	±3.5	±3.1
	1.0	±5.9	±5.2
	1.5	±6.2	±5.3
	2.0	±6.8	±5.2
(b)	比較例4		
	堆積速度 g/min	パイプ外径変動 %	内付け部の径の変動 %
	0.2	±0.20	±0.35
	0.4	±0.44	±0.38
	0.5	±1.6	±1.2
	0.6	±1.9	±1.5
	1.0	±3.5	±2.9
	1.5	±4.4	±3.8
	2.0	±4.7	±4.2
(c)	実施例3		
	堆積速度 g/min	パイプ外径変動 %	内付け部の径の変動 %
	0.2	±0.15	±0.21
	0.4	±0.15	±0.22
	0.5	±0.12	±0.21
	0.6	±0.13	±0.22
	1.0	±0.15	±0.24
	1.5	±0.18	±0.26
	2.0	±0.24	±0.31
	2.5	±0.35	±0.35
	3.0	±0.44	±0.55

【図 12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 MCV D法によるガラス母材製造工程において、石英パイプ内の圧力の調整範囲が大きくても、石英パイプ内の圧力を速やかに目標値に収束させることができない。の発生を招くことなく、石英パイプ内の圧力を速やかに目標とする適正值に調整収束させることができるガラス母材製造方法及び製造装置を提供すること。

【解決手段】 MCV D法によるガラス母材製造方法及び装置において、石英パイプ3上の加熱位置に応じて排気ガス量を変化させる工程と、石英パイプ3内の圧力の実測値と外気圧との差が、加熱位置に応じて設定される目標値に一致するように、石英パイプ3内の圧力の実測値に基づいて排気ガス量をフィードバック制御する工程とを並行して実行する構成。

【選択図】

図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-053842
受付番号	50400323235
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成16年 3月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成16年 2月27日

特願 2 0 0 4 - 0 5 3 8 4 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社